通 則

果樹土壤管理與施肥原則

農業試驗所　黃維廷　陳柱中

果園之肥培管理成效影響土壤肥力狀態或土壤養分有效性，所以***土壤性質***決定之土壤管理，此即為**土壤管理組應用**之極重要觀念。土壤管理具有多方面向的，包括土壤化學之土壤養分含量與土壤酸鹼值 pH，同時兼顧土壤物理與化學之土壤水分管理與土壤質地，兼顧土壤化學與土壤生態環境的微生物相之土壤有機質，因此，**土壤分析 (soil testing)** 與土壤資訊之**土壤管理組資料庫 (database)** 具有極重要參考決策價值。

土壤養分可供給植物生長必需元素**之**巨量元素：碳 (C)、氫 (H)、氧 (O)、氮 (N)、磷 (P)、硫 (S)、鉀 (K)、鈣 (Ca)、鎂 (Mg)、硫 (S)（植體內濃度通常以 g/kg 計），及微量元素：鐵 (Fe)、錳 (Mn)、銅 (Cu)、鋅 (Zn)、硼 (B)、鉬 (Mo)、氯 (Cl)、鎳 (Ni) 等（植體內濃度通常以 mg/kg 計）。另「有益元素」雖非植物生長所必需，但對特定作物生長有利。例如鈉 (Na) 為耐鹽作物調節細胞滲透；矽 (Si) 可增加水稻細胞壁功能並具抗病能力，鈷 (Co) 促成豆科作物的固氮作用。

因為作物收穫從土壤移走巨量元素之氮、磷、鉀，土壤一般僅需施肥補充供應氮、磷、鉀（N, P, K），稱為肥料三要素。至於次量與微量元素，僅需針對特殊土壤母質與特定作物需求，另額外供給與部分補充。土壤分析結果經常顯見土壤磷含量過高，乃因果園磷肥已充足且易被土壤膠體固定，而葉片植體分析結果顯示磷含量僅及氮與鉀之 1/15 至 1/20，果樹樹勢生育表現之葉片厚薄，面積大小，葉色深淺與枝條節間大小，主要受氮與鉀養分吸收比率之影響與調節，所以生育時期施肥宜有適度氮與鉀肥比率之調控，磷肥只要適量足夠即可，無需強調氮磷比率或磷鉀比率。

一、土壤水分管理

土壤水分管理影響提升肥料與水分利用效率，決定肥料用量與施肥頻率。只要溶氧量充足，水分愈多，作物生育愈旺盛（水分佔植體組成 80%以上）。在營養上，水分是營養要素（肥料）溶解及運移的必要溶劑，只有溶於水的營養要素才能為作物吸收利用。**果園灌溉方式**計有淹灌、噴灌和滴灌三種，其中淹灌因無需設備廣泛被採用，但水分利用效率最差，減少淹灌次數可節約灌溉用水。除了灌溉方式影響水分管理外，果園的雜草相也影響果園土壤水分管理，果園草生栽培之土壤水分含量均較裸地者高，亦即土壤保水力較佳，可延長灌溉時間，減少灌溉次數，達到省水及減少人工之目的。於豪大雨後果園最忌積水，避免土壤水分飽和時間過長影響根呼吸，果園實施草生栽培，草生土壤較裸地土壤易排除水分。

果園水分管理大致可分**無灌溉、有灌溉半乾溼與有灌溉表土恆溼**三種水分管理，前兩者為一般農友採行。**無灌溉管理**係看天下雨給水，生育時期土層 5-8 公分深的土壤水分含量經常僅約大雨後飽和水分含量之 30-50% (大約 10-17%之**土壤水/濕土比**) 或以下；定性地描述以將大雨後土壤水分程度當作 10 分濕，日晒與吸排水土乾至剩 4-5 分濕程度以下。因土壤長期相當乾，為確保收量，肥料用量甚高，且需掘穴溝覆土，但施肥頻率少，追肥常利用雨後實施 (施肥量可調整約為基礎推薦量 1.5-3 倍)。

有灌溉半乾溼則於旱季、施肥前後與重要生育時期有相當程度之淹灌噴灌補充水分，生育時期土層 5-8 公分深的土壤水分含量經常約大雨後飽和水分含量之 50-60% (大約 17-22%之土壤水/濕土比) ；定性地描述以將大雨後土壤水分程度當作 10 分溼，日晒與吸排水土壤約 5-7 分濕程度。因肥效已較乾式提高，肥料用量可酌減及省工撒施實施追肥 (施肥量大致為基礎推薦量或基礎推薦量 1-1.2 倍)。

裝設簡易噴灌管路設備進行溼式水分管理，以噴灌替代淹灌提升肥料與水分利用效率，避免浪費施肥與地下水污染

有灌溉表土恆溼水分管理係落實肥水精緻利用調控之管理，果園生產成績可達 85 分至 90 分以上遠超過前兩者 60-75 分之表現。裝設簡易噴灌管路設備乃果園經濟生產(提高水分與肥料利用效率) 必要之投資與硬體。優點利基為可藉水分溶解與運移肥料至根部之利，於不同生育時期以適當要素比率，及時滿足果樹生育需求。並可藉操作供給水量與頻率，調節控制肥料與水分於有效營養根域土層 30 公分內即完成吸收利用，做到節制至無多餘肥與水浪費，與有機會下滲污染地下水之精緻程度。表土恆溼水分管理必須**嚴格維持整個生育時期**表土 5-8 公分深的土層水分約為於大雨後飽和水分含量之 80-90%以上 (大約 22-30%之土壤水/濕土比) ；定性地描述以將大雨後土壤水分程度當作 10 分濕，日晒與吸排水土壤**仍**有 8-9 分濕程度以上。所以施肥頻率高且肥料可撒施省工，於不同生育時期以適當要素比率，及時滿足果樹生育需求 (施肥量可調整約為基礎推薦量之 1/2-3/4 倍)。

根據農試所專家田間經驗，無灌溉、有灌溉半乾溼與有灌溉表土恆溼三種水分管理肥料用量比依序為 5-6：3：1，**有灌溉表土恆溼最省肥料**，三種水分管理之氮與鉀肥比率依序為 1：1、 1：2 及 1：6，**有灌溉表土恆溼最能發揮氮與鉀肥比率之生育表現**。

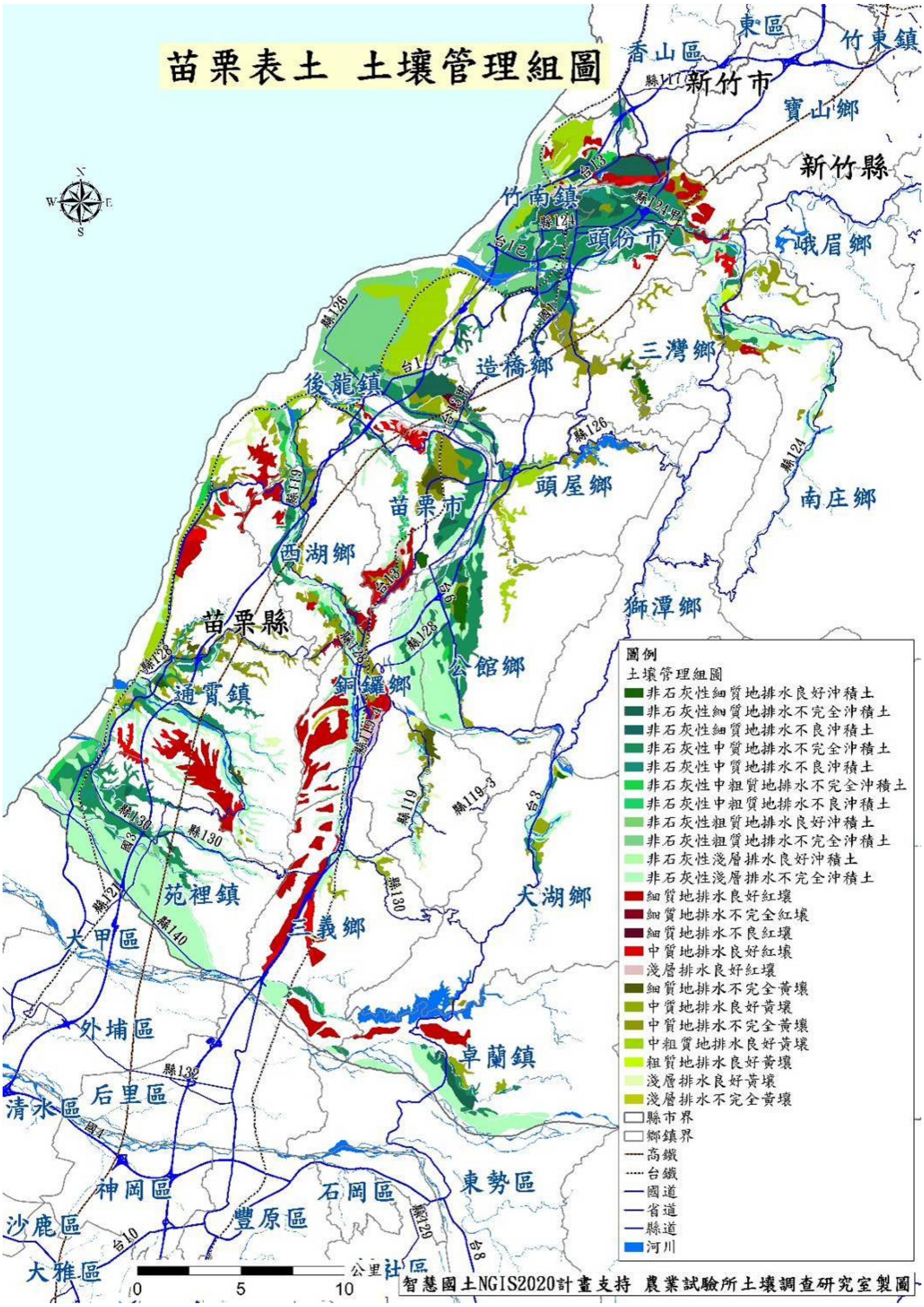
表一、三種水分管理方式與相對應之施肥量

	無灌溉	有灌溉半乾溼	有灌溉表土恆溼
土層水分 直觀描述	大雨後飽和水分含量之 30-50%	大雨後飽和水分含量之 50-60%	大雨後飽和水分含量之 80-90%以上
水分含量(濕基)[1]	10-17%	17-22%	22-30%
施肥量調整 [2]	1.5-3 倍	1-1.2 倍	1/2-3/4 倍

[1] 濕基水分含量：土壤水分重量/濕土重量
[2] 以舊版手冊或一般試驗場所推薦施肥量之基礎推薦量為 1，換算之比例

二、土壤質地管理

土壤管理組是參考土壤類別、剖面質地、土層厚度與排水等，利用與作物生產管理有關的因子，將土壤共同特性相近似或利用管理方法類似之土壤，歸併成為管理組。可參考利用農業試驗所土壤管理組圖圖資，其顯示果園田區位置之地形 (低地平原，台地丘陵或高地等) 、土壤質地及排水狀況 (排水完全或不完全，排水良好與否等) ，可供灌排水管理及施肥量調整參考。



農業試驗所農業化學組土壤調查研究室製圖

不同粗細之土壤粒子(砂粒，坋粒及黏粒)在土壤中佔有的比率，稱為質地。大顆粒之砂粒含量多的土壤為砂（粗）質地，這種土壤容易耕犁，又被稱作輕質地。小顆粒之黏粒含量多的土壤為黏（細）質地，因其不容易耕犁，被稱為重質地。在果園的管理中，土壤質地影響肥料用量與水分管理。

土壤質地與肥料用量管理，粗質地保水保肥力較中細質地土壤差，肥料用量與施肥頻率所採取策略宜少量多次以減少流失。

(一) 粗質地砂質壤土或石礫地果園酌增施肥量約 20-30%，調整為基礎推薦量 1.2-1.3 倍。

(二) 中細質地壤土施肥量大致為基礎推薦量。

(三) 細質地黏質壤土果園酌減基礎推薦量的 20-30%，調整為基礎推薦量 0.7-0.8 倍。如果是黏質土壤果園，因保肥力太強，施肥量反而需增加。

質地更影響灌水方管理式，以表土恆溼水分管理為例，若要達到經常維持表土 5-10 公分左右土壤 8-9 分濕潤，不同質地之土壤灌溉深度與灌溉頻率建議如下:

(一) 質地黏重之壤土、黏壤土、黏土或留草

水分移動慢，保肥性與保水性較佳；灌濕至 8-12 公分止，移動（慢）至 20 公分時養分約用盡，給水頻率 1 次/4-5 天或 1 次/週。

(二) 輕質地砂質土、砂壤土或無草

水分移動快，保肥性與保水性較差；灌濕至 5-8 公分止，移動（快）至 20 公分時養分約用盡，給水頻率 1 次/2-3 天或 2 次/週。

三、大量要素氮-磷-鉀之養分管理

(一) 三要素推薦量與實際施肥商品肥料量之換算公式（台東農改場張繼中）

三要素之施用量，可參考推薦用量計算個別要素之需求量，再依照肥料類型(單質或複合肥料)，計算各肥料的施用量，主要利用以下公式計算：

施肥用量（公斤)＝要素量（公斤)×（100/肥料的要素含量(%)）

以下以番荔枝為例，計算不同情境下之施用量計算。

例一：五年生番荔枝成年樹之氮、磷酐及氧化鉀推薦量分別為每株 750 公克、500 公克及 700 公克，假設一分地有 80 株番荔枝：

則氮總共為 750 公克 ×80 株 ＝60 公斤，

磷酐總共為 500 公克 ×80 株 ＝40 公斤，

氧化鉀總共為 700 公克 ×80 株 ＝56 公斤；

分別施用氮含量為 21%之硫酸銨、磷酐含量為 18%之過磷酸鈣、氧化鉀含量為 60%之氯化鉀，利用上述公式計算如下：

硫酸銨施肥用量＝60 ×（100/21）＝286 公斤，

過磷酸鈣施肥用量＝40×（100/18）＝222 公斤，

氯化鉀施肥用量＝56×（100/60）＝93 公斤。

例二：單質肥料用量的計算

合理化施肥三要素推薦量 240---200--960 公斤/公頃到底是幾包肥料呢？

尿素　　　240 ×（100/46）= 522 公斤≒13 包，
改用硫銨　　240 ×（100/21）= 1143 公斤≒28 包，
過磷酸鈣　　200 ×（100/18）=1111 公斤≒28 包，
氯化鉀　　　960 ×（100/60）=1600 公斤≒40 包，
改用硫酸鉀　960 ×（100/50）=1920 公斤≒48 包。

例三：複合搭配單質肥料用量的計算

合理化施肥氮 N--磷酐 P_2O_5--氧化鉀 K_2O　240---200--960 公斤/公頃到底是幾包肥料呢？

使用 5 號複合肥氮--磷酐--氧化鉀　16-8-12，
台肥 5 號 240 ×（100/16）= 1500 公斤≒37.5 包，
其中含有 1500 × 8/100 = 120 公斤磷酐 P_2O_5，
其中含有 1500 × 12/100 = 180 公斤氧化鉀 K_2O，
不足之磷酐 P_2O_5 以單質過磷酸鈣補充。
200 - 120= 80　　80 ×（100/18）= 444 公斤≒11 包，
每分地：過磷酸鈣 11 ÷ 10≒1.1 包，
不足之氧化鉀 K_2O 以單質氯化鉀補充。
960 – 180 = 780　780 ×（100/60）=1300 公斤≒ 33 包，
每分地：氯化鉀 33 ÷ 10 ≒ 3.3 包。

(二) 配合生育時期與氣候調整

配合生育時期與氣候調整之肥培需要：1. 肥料量依據氣候、果樹各生育期、生育特性、肥力監控而給予不同比率氮鉀肥；2. 使用之肥料種類與搭配均單純與容易，例如複合 5 號(N-- P_2O_5-- K_2O 16-8-12)或 43 號(N-- P_2O_5-- K_2O 15-15-15)，氯化鉀及過磷酸鈣。3. 配合水分管理之撒施方法，不僅有機動之優勢，且施工操作較易與省工。

果粒欲大且風味濃厚具有高量甜酸度，不能只靠氮肥或者是某一種配方肥料。不同的每一生長階段，甚至不同的日照雨水溫度等天氣，氮和鉀需要調節適當的比例。例如：

採收後利用尚未落葉之葉片的光合作用，且大量供給磷與鉀肥於土壤，蓄積枝條養分，期翌年花芽飽滿，

萌芽始花後以簡易噴灌管路行有效根域水分管理，萌芽開花期需較高比率氮肥，生產足量之枝條與葉面積；

小果期需要很高的氮鉀比約 1:1-1.2，也需較高比率氮肥，以促進果實膨大，

中果期後至轉色採收漸漸要提高鉀肥，降低氮鉀比以提高品質風味，天氣炎熱，土壤內如果殘存氮不少(例如有機質肥料之氮還未分解釋放)，中果期後遇雨水恐怕大量吸收，致使徒長梢旺盛，而造成旺葉不旺果，枝條徒長等不利果實品質。

果樹各生育時期之施肥量範例如下：

採收後利用尚未落葉之葉片的光合作用，且大量供給磷與鉀於土壤，蓄積枝條養分，期翌年花芽飽滿。每分地施用過磷酸鈣一包、氯化鉀一包。從萌芽始花後開始提供氮與鉀，依照不同生育時期調整氮與鉀之比例，如下表所示：

	要素比例 N:K	每分地施用量
採收後		過磷酸鈣 1 包，氯化鉀 1 包
萌芽始花	一般氣候：1:1.5 - 1:1.7 冷涼或高山：1:1.2 暖熱或平地：1:2.0	43 號複肥(N- P_2O_5- K_2O 15-15-15) 1 包，搭配氯化鉀 一般氣候：8-10 公斤 冷涼或高山：5 公斤 暖熱或平地：15 公斤
小果期	1:1.2 - 1:1.5	43 號複肥 1 包，氯化鉀 5-8 公斤
中大果期	1:4 – 1:8	43 號複肥 20 公斤，氯化鉀 20-40 公斤
果熟期至採收前	1:10 – 1:14 (或以上，以兼顧品質與蓄積)	43 號 10-15 公斤，氯化鉀 40 公斤

氣候因子日照和溫度影響作物對營養要素的吸收及利用率。在高溫高日照下，作物對氮吸收及利用特別快，常出現新生枝葉繁茂而導致鈣的缺乏 (鈣在高溫、通氣不良的條件下，吸收率降低)、鉀的潛在性缺乏 (鉀量不充足時，在艷陽下易致全株葉片軟垂)。在低溫低日照時，作物生育速度較緩慢，此時，應施用較高濃度的氮及磷肥 (低溫時，磷被作物之吸收率大減)，以促進作物的生長。

天氣炎熱鉀肥比例要增加以平衡氮的吸收效率。

冬末初春枝葉生長期遇天氣涼冷，氮磷肥比例要稍為提高，彌補氣溫低較差的吸收效率。春夏遇大雨，隨時補充大雨水流失之肥分。

四、土壤酸鹼值pH，次量與微量元素營養管理

可參考利用農業試驗所土壤酸鹼值 pH 土壤管理組圖圖資：

顯示果園位置之土壤 pH 與土壤改良策略。

顯示果園位置之次量與微量元素營養管理推薦。

以柑桔為例，柑桔適宜生長在土壤 pH 值範圍 5.5-6.5，pH 雖然非果樹生產之關鍵限制因子，仍宜注意。pH 5.5 以下有鋁毒害之威脅，當果園土壤極端低 pH 4.0 以下有酸毒害之威脅，尤其處女地開墾種植前，需要施用石灰改良土壤。**果園施用石灰之困難與注意事項**

1. 成園果樹已經定植，會傷害營養根系，施用石灰必須與土壤全層翻拌混合均勻，執行上有實際之困難。除非種植前挖掘定植穴，才方便實施，石灰與土壤全層翻拌混合。
2. 果園施用石灰可利用土鑽於樹冠下打數個洞穴，將石灰與土壤混合後埋入，或將石灰加水配成漿狀灌入。第二年再打數個樹冠下不同位置的洞穴，埋入石灰資材，並且灌水。
3. 種植穴內石灰與土壤全層翻拌混合後需灌溉等候半個月至一個月。使石灰的強鹼性鹽基與土壤反應後，才能定植以免傷害根系。
4. 複合化肥或銨態氮肥容易與石灰資材產生氨氣而傷根，不可同時而需間隔 0.5-1 個

月時間施用。每公頃至多施用石灰三公頃左右。

5. 因為 15 公分土壤土層提高 1.0 單位，pH 5.0 至 6.0 需施用苦土石灰 5 噸/公頃以上，資材與翻拌施工成本極高。值得考量。

果園酸性土壤 pH 4.5-5.0 甚至 4.0 以下，土壤交換性鈣與鎂含量不足，分別為 300-800 mg/kg 及 40-50 mg/kg。**一般 pH 4.5-5.0 可能存在鎂、硼與鈣的缺乏，可以施肥策略預防矯正，而不一定需要施石灰改良土壤。**另外實施草生栽培覆蓋與敷蓋，極有助於維護土壤 pH 之穩定而避免與減輕土壤酸化。

蜜棗、葡萄與柑桔等對鎂敏感 (影響品質) 需求量大，一般果樹如寄接梨仍需補充預防性施肥改善缺鎂，施用硫酸鎂 ($MgSO_4$) 優於苦土石灰。$MgSO_4 \cdot 7H_2O$ 含有 18% MgO，苦土石灰則有 18-20% MgO，但苦土石灰溶解度低，硫酸鎂為水溶性，所需水量少。配合噴水管路 3-4 噸/公頃 $MgSO_4$ 效果約等同 9 噸/公頃苦土石灰。

1. 鎂肥之補充與預防

鎂缺乏通常在強酸性土壤 (例如紅壤) 及坡地土壤最為嚴重

土壤施用：硫酸鎂 25 公斤/ 0.1 公頃 (簡單方便)，

或葉面施肥：每 100 公斤水溶解硫酸鎂(平時補充)200-400(嚴重缺乏)公克，每 0.1 公頃噴施量約 100-150 公斤。連續 3-5 次。注意稀釋倍數，避免肥傷。

2. 缺硼改善方法

一般果樹較常發生之微量元素問題為硼，硼缺乏易有畸形果之產出， pH 值太高或太低之黏板岩沖積土或紅壤、粗質地砂土與石礫地，及氣候乾旱特殊或栽種需硼較多的植物時。

土壤施用硼酸或硼砂 3-5 公斤/ 0.1 公頃/年，較不易操作。

或葉面施肥水硼 2,000 倍或硼酸或硼砂 1,000 倍，考慮樹勢及株數每 0.1 公頃噴施量約 100-150 公斤。連續約 3-5 次。注意稀釋倍數，避免肥傷。

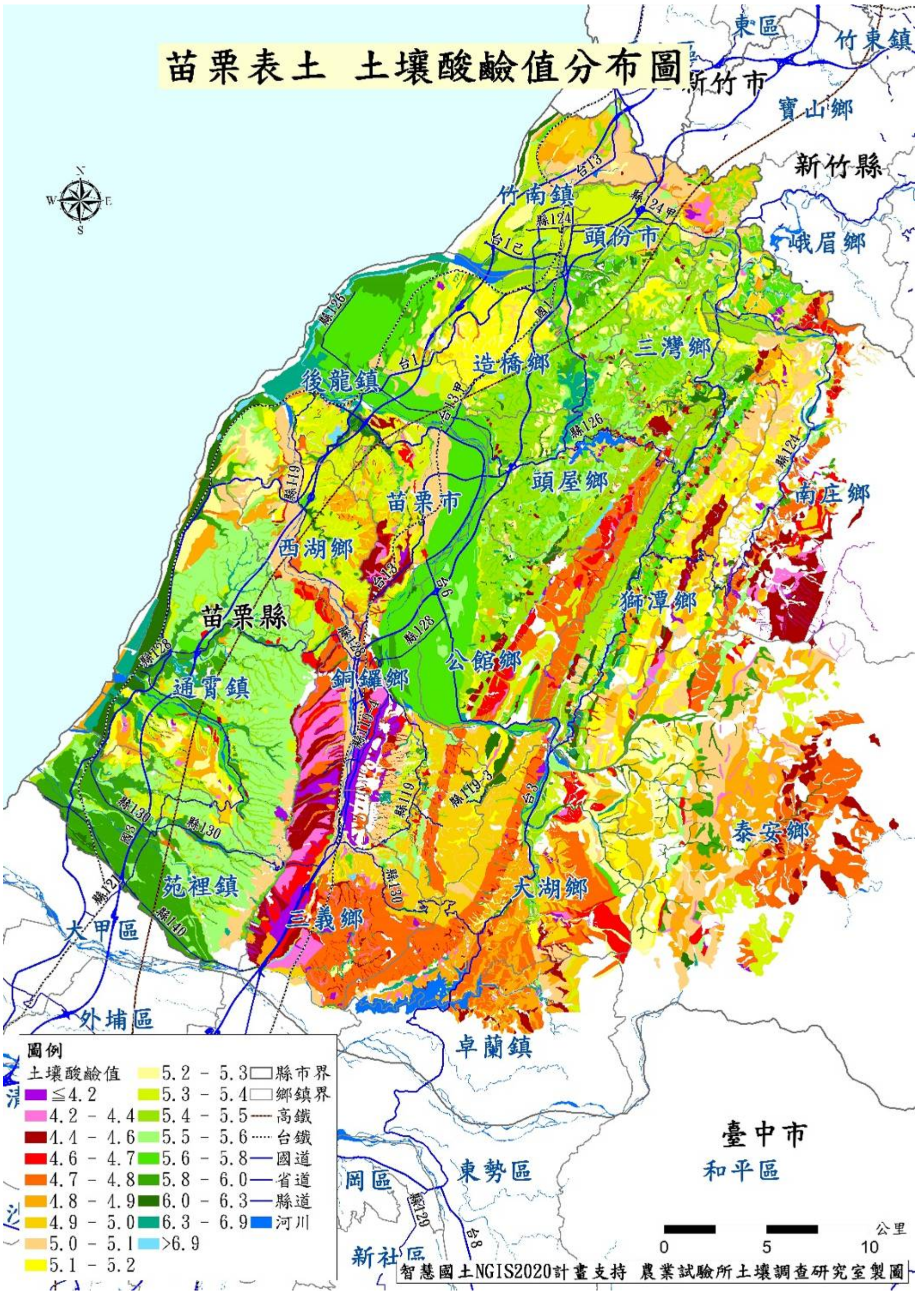
3. 缺鋅與缺鐵--易發生於 pH 值較高的石灰質土壤及西部鋅含量較低的土壤為嘉南、雲林、彰化的砂頁岩及黏板岩沖積土。一般果園均有使用鋅錳乃浦作殺菌劑，即使上述區域，除非鑑定缺鋅或缺鐵，亦不必補充鋅或鐵。

鋅與鐵之補充方式如下所述，(1) ***土壤澆施法***， 一噸水溶解 500 公克硫酸鋅加上 300-500 公克鉗合鐵 EDTA-Fe (因 EDTA-Fe 昂貴，如果沒有缺鐵不加鉗合鐵)，每株澆水量約 20--35 公升，2 次/週，連續約八次。(2) *葉面施肥法*：較便宜簡單但僅能補充鋅不能矯治缺鐵，每 100 公升水溶解硫酸鋅 100-300 公克，每 0.1 公頃噴施量 100-150 公升。連續約三次。

4. 鈣肥補充--鈣肥補充預防果實爛尾，可增強寄接梨冷藏貯存性。

補充時機--開花前，結小果，果實肥大初期。

石灰與苦土因水溶效率差，鈣有效性差。氯化鈣水溶解性高，有效性高，速效性，但易因雨水洗流失。每 0.1 公頃 1-2 包 (25-50 公斤) 氯化鈣澆灌土壤 1-3 次，但成本較高 (25 元/公斤)。必要時亦可行葉面施肥或果實施肥。



農業試驗所農業化學組土壤調查研究室製圖

五、土壤有機質管理

可參考利用農業試驗所土壤有機質管理組圖圖資：

顯示果園田區位置土壤有機質管理改良策略的推薦

一般果園施行草生栽培，建議：

(一) 土壤有機質 10 g/kg 以下，及 10 g/kg 以上至 20 g/kg，基肥施用非粕類但含纖維質木質素及有機碳較高，即碳氮比 C/N 較高之有機質資材。

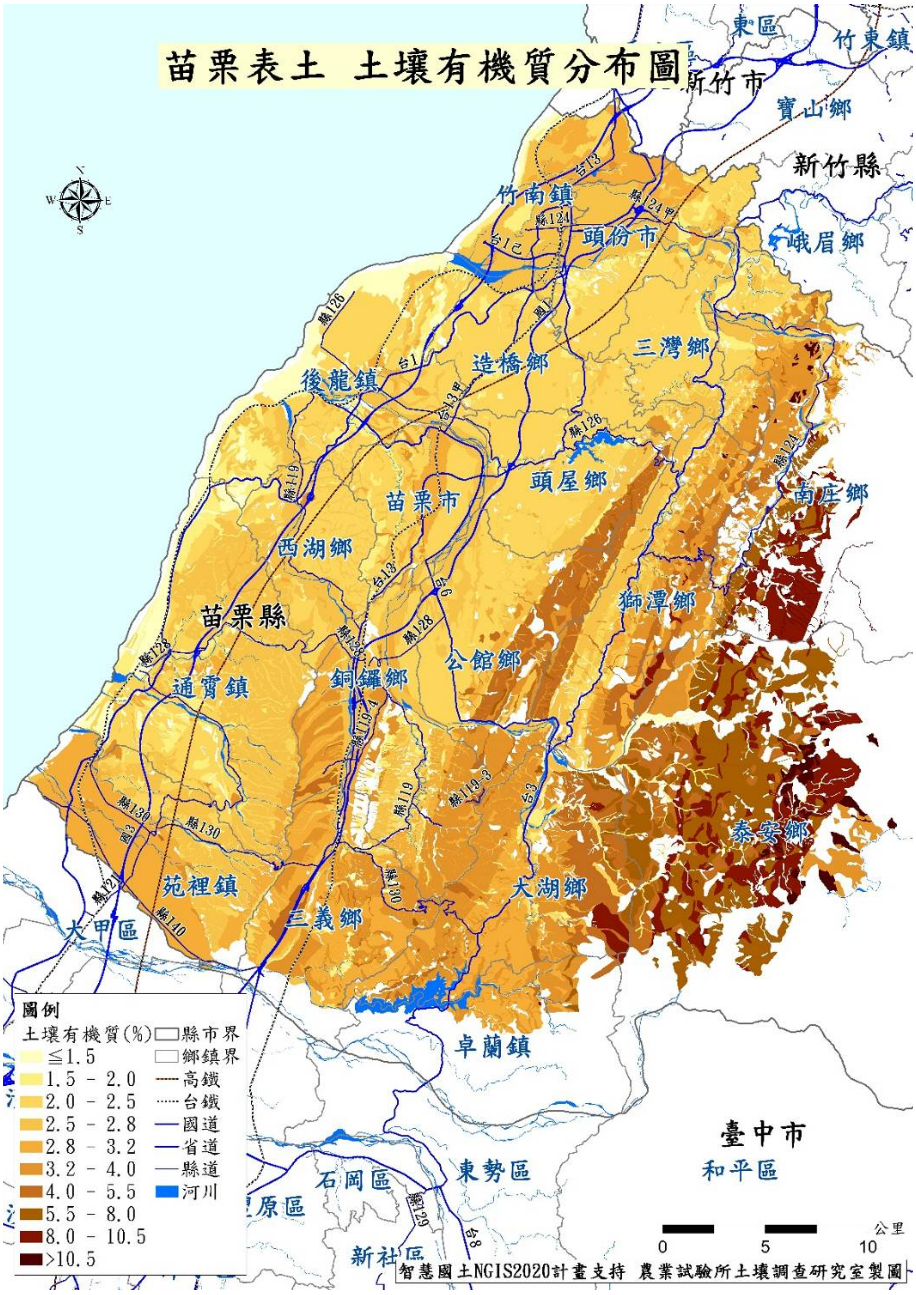
(二) 追肥施用有機複合肥。

(三) 土壤有機質 30 g/kg 以上可減少有機質肥料施用，可隔一至二年才施用一次。

土壤有機質含量 15 g/kg -30 g/kg 即可，10 g/kg 以下石礫地或極砂土，保水保肥很差，可施用氮素不高於 20 g/kg，非豆粕類但纖維質木質素及有機碳較高或 C/N 較高之有機質資材，或以有機複合肥料取代部分化學複合肥料，改善土壤理化性質。但是

10 g/kg 以下石礫地或極砂土藉由草生栽培覆蓋與水分與肥料藉管路少量多次的營養管理增加產量重於有機質添加之管理，因為每公頃 15 公分 表土，約二百萬公斤重增加 10 g/kg 土壤有機質含量，需要添加 20 噸以上有機材質。然而長遠計，有機質資材適度之添加，逐年改善土壤肥力與理化性質，仍是可選擇的上策。

維持適當之土壤有機質含量除大量施用有機材質外，實施草生栽培覆蓋與敷蓋，利用殘枝落葉或稻草或刈割之雜草等敷蓋樹冠下周圍，可減少水分的蒸發與適度維持土壤有機質含量。同時可收避免與打破土壤結皮之功效，結皮之現象為土表因裸耕或清耕不留草，復因大雨滴襲打及淹灌，細小坋粒 (silt) 漂浮淹塞土壤孔隙，形成表土結皮或硬皮阻礙肥料與水分於土壤之縱向的通透性。土壤有機質管理目的為改善土壤物理性質，增進肥料與水分於土壤之縱向的通透性，減少橫向流失。



農業試驗所農業化學組土壤調查研究室製圖

過度除草土壤裸露形成土壤結皮現象

實施草生栽培以覆蓋保護土壤